

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-354973

(43)公開日 平成11年(1999)12月24日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 5 K 9/00

識別記号

F I

H 0 5 K 9/00

M

W

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-155097

(22)出願日 平成10年(1998)6月4日

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72)発明者 備前 嘉雄

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属  
株式会社冶金研究所内

(72)発明者 砂川 淳

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属  
株式会社冶金研究所内

(72)発明者 荒川 俊介

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属  
株式会社冶金研究所内

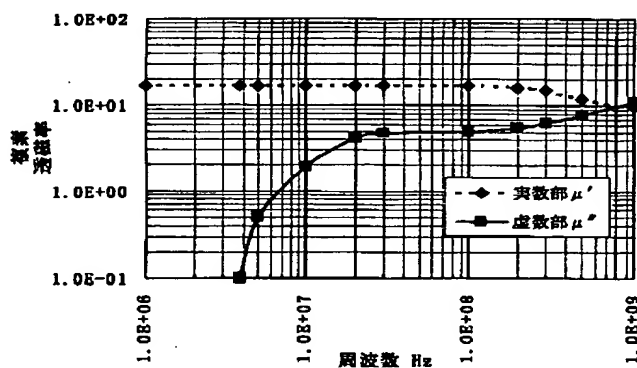
(74)代理人 弁理士 森田 寛

(54)【発明の名称】 電磁波吸収体

(57)【要約】

【課題】 製造することの容易なFe基のナノ結晶軟磁性体材料を用いて作った低い周波数から高い周波数まで電波吸収効率の高い大きい電磁波吸収体を提供する。

【解決手段】 扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末をそれを結合させている樹脂中に50~1000phr含まれており、複素透磁率の虚数部 $\mu''$ が10MHzの周波数で1.5以上であり、30MHzから1GHzの周波数で4以上の扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末を含む電磁波吸収体である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Fe基扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末をそれを結合させている樹脂中に50～1000phr含み、複素透磁率の虚数部 $\mu''$ が10MHzの周波数で1.5以上であり、30MHzから1GHzの周波数で4以上であることを特徴とする電磁波吸収体。

【請求項2】 樹脂中にFe基扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末を100～700phr含んでいることを特徴とする請求項1記載の電磁波吸収体。

【請求項3】 Fe基扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末の厚みは3 $\mu$ m以下であり、その粒径の平均は20～50 $\mu$ mであることを特徴とする請求項1あるいは2記載の電磁波吸収体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、不要電磁波ノイズの干渉によって起こる電磁波障害を抑制するために、MHz帯からGHz帯までの広い周波数帯域において電波吸収効果の大きい電磁波吸収体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年パソコンや移動体通信を始めとする各種デジタル・アナログ電子機器の小型化・高性能化に伴う駆動周波数の高周波化が急速に進展しており、このような高周波を利用した機器の普及はますます拡大する傾向にある。なかでもマイクロ波帯域の電波を利用する衛星通信、移動体通信機器、カーナビゲーション機器などの普及にはめざましいものがある。これに伴い、これらの機器が発する電磁波ノイズによる電磁環境問題が深刻化している。

【0003】電磁波障害を抑制するやり方を大きく分けると、電磁波を反射させる方法と、電磁波を吸収させる方法に分けられる。電磁波を反射させる方法は、保護しようとする機器に進入する電磁波を遮蔽材料で反射して遮断するものである。このような遮蔽材料としては高導電率を持った導電性材料、例えば、アルミニウム板、銅板、導電性プラスチックなどが適している。しかし、電磁波を反射させる方法では、反射した電磁波による二次障害が少なからず発生している。

【0004】一方、電磁波を吸収させる方法は主として電磁波を吸収材料で吸収し、熱エネルギーに変換するものがある。この方法は抜本的なノイズ対策法として有効である。このような吸収材料としては磁気損失の大きい磁性材料が要求され、例えば、フェライトなどが用いられている。

【0005】最近、電磁波吸収効果の大きな材料として、扁平状Fe-Si-Al合金の粉末とポリマーとの複合体を、吉田栄吉他が「扁平状Fe-Si-Al合金粉末・ポリマー複合体の透磁率と電磁干渉抑制効果」(Tokin Technical Review 平成8年11月 第23号 p.93)に報告している。

【0006】それによると、センダストの中心組成からFe濃度を下げた9.8wt.%Si-6wt.%Al-bal. Feの組成のもの水アトマイズによる合金粉末を用いて、アトライタ(メディア攪拌型粉砕器)で摩砕処理を行い扁平状の粉末を得た。その粉末を分級処理により400メッシュ以下(32 $\mu$ m以下)の微細な粉末を除いた後、650℃で2時間焼鈍処理をした。この扁平状粉末とポリマーを混合し、有機溶剤とともに混練し、スラリー化した後、ドクターブレード法により塗工と乾燥を繰り返して試料を得ている。この試料の電磁波吸収能を示す複素透磁率の虚数部 $\mu''$ と周波数の関係によれば、数MHzから1GHzの帯域での $\mu''$ が10を超えているというものである。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した方法では、電磁波吸収効果を得るためには、センダスト粉末をアトライタで摩砕処理して得られた扁平状の粉末のうち、細粒の粉末を除去する分級処理を行なう必要があり、生産性が低くなってしまうという問題があった。

【0008】本発明の目的は、特別の分級処理を行った粉末を用いなくても、特に30MHz～1GHzにおいて優れた電波吸収能を発揮できる電磁波吸収体を提供することである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、ナノ結晶軟磁性体を粉末として得たものを樹脂と複合することによって、広帯域における電波吸収特性に優れているという知見を得たことに基づいて完成したものである。

【0010】すなわち、本発明の電磁波吸収体は、Fe基扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末をそれを結合させている樹脂中に50～1000phr含まれており、複素透磁率の虚数部 $\mu''$ が10MHzの周波数で1.5以上であり、30MHzから1GHzの周波数で4以上であることを特徴としている。

【0011】電波吸収能は透磁率を複素透磁率 $\mu = \mu' - j\mu''$ で表した時の磁気損失項である虚数部 $\mu''$ によって評価することができる。すなわち、 $\mu''$ が大きい方が、電磁波(ノイズ)を熱エネルギーに変換して吸収する能力が高いことを意味する。本発明に係わる複素透磁率の虚数部 $\mu''$ は10MHzの低周波であっても1.5以上、30MHzから1GHzの高周波では、4以上という優れた電波吸収能を実現できたものである。

【0012】ここで、扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末が樹脂中に100～700phr含まれていることが好ましい。また、扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末の形状としては、厚みが3 $\mu$ m以下であり、その粒径の平均値は20～50 $\mu$ mであることが好ましい。

【0013】本発明に用いているFe基扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末について以下説明する。

【0014】Fe基ナノ結晶軟磁性材料とは、特公平4-

4393号公報などに記載されている、組織の少なくとも50%が、ナノオーダー、即ち1000nm未満のbcc-Fe構造の結晶粒で構成された材料である。

【0015】本発明に用いている磁性体粉末は扁平状であることが必須である。扁平粉の厚みに対する長径の比をアスペクト比（長径／厚み）というが、ここで扁平状の粉末のアスペクト比は20以上であることが望ましい。扁平状にすることによって、粉末の異方性磁界が大きくなり高周波数領域まで、その電磁波吸収能力を高めることができる。

【0016】扁平粉の平均粒度を20～50 $\mu$ mとしているのは、20 $\mu$ m未満では粉末の反磁界が大きくなり透磁率 $\mu$ が小さくなって、ひいては虚数部 $\mu''$ も小さくなるためであり、50 $\mu$ mを超えると誘電率 $\epsilon$ が大となって、吸収特性が劣化するためである。

【0017】本発明においては、扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末を樹脂中に50～1000phr、好ましくは100～700phr、混合させている。ここで用いる樹脂としては、本発明の電磁波吸収体の用途に適した性質を持ったものを選択することができる。電磁波吸収体を板状にする場合や射出成形する場合には、ドクターブレード法、カレンダーロール法、射出成形法に適した樹脂、例えばポリエチレン、ポリプロピレンなどのポリオレフィン、ビニル系の樹脂、酢酸基を持った樹脂や、これらの共重合体、ポリエチレンテレフタレートなどのポリエステルなどを用いることができる。また、カレンダーロール法や加圧成形法に適用する場合には、ナイロン、合成ゴムなどを用いることができる。

【0018】ポリマーの種類によっては架橋剤を添加することができる。しかし、樹脂としての重要な性質は、扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末を保持し、その酸化を防止することと、粉末粒子間を電氣的に絶縁することである。

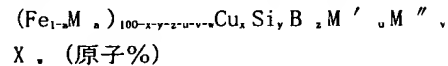
【0019】粉末粒子間を電氣的に絶縁することは電波吸収特性を十分に発揮させる上で重要なことである。粉末粒子間の絶縁が悪くなると、導電性のシートの如き性質を呈し、電磁波を反射するようになる。こうなると、電波吸収特性が劣ってくることになる。

【0020】扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末を樹脂中に50～1000phr、好ましくは100～700phr、混合させているが、ここでphrはparts per hundred rubberの略で、ポリマー100重量部に対しての粉末添加量を重量比で表したものである。磁性体粉末の添加量が50phrよりも少ないと、10MHzにおける複素透磁率の虚数部 $\mu''$ がきわめて小さくなるので、低周波における電波吸収特性が悪くなる。磁性体粉末の添加量が増えるに従って $\mu''$ が大きくなっていくが、1000phrを超えると磁性体粉末間の絶縁が悪くなり、誘電率 $\epsilon$ があまりにも大きくなって、透磁率と誘電率のバランスが崩れて電波吸収特性が悪くなる。好ましい添

加量である100～700phrでは、 $\mu''$ が10MHzにおいても十分に高く、製造時の混練なども容易となる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】本発明に用いているナノ結晶軟磁性体粉末は、基本的には一般式：



ただし、Mは、Coおよび/またはNi、M'は、Nb、W、Ta、Zr、Hf、TiおよびMoからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素、M''は、V、Cr、Mn、Al、白金族元素、Sc、Y、希土類元素、Au、Zn、Reからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素、Xは、C、Ge、P、Ga、Sb、In、Be、Asからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素、a、x、y、z、u、vおよびwはそれぞれ

$$0 \leq a \leq 0.5$$

$$0 \leq x \leq 3$$

$$0 \leq y \leq 30$$

$$0 \leq z \leq 25$$

$$0.1 \leq u \leq 30$$

$$0 \leq v \leq 10$$

$$0 \leq w \leq 10$$

および $0 \leq y + z \leq 35$ を満たす、により表される組成を有し、その組織の少なくとも50%が微細な結晶粒からなり、その結晶粒の平均結晶粒度が50nm以下である。

【0022】ナノ結晶軟磁性体粉末の組成の限定理由について述べる。

【0023】(1) Fe及びM(Coおよび/またはNi) Feは、この軟磁性体粉末の主成分であり、50nm以下の平均結晶粒度を有する微細な結晶粒は $\alpha$ -Feを主体とするもので、SiやBなどが固溶していると考えられる。Feを主成分とすることにより、優れた軟磁気特性を呈し、複素透磁率の虚数部 $\mu''$ が大となる。Feの一部はCoおよび/またはNiであるMにより置換することが出来る。Mの含有量aは、 $0 \leq a \leq 0.5$ であるが、好ましくは $0 \leq a \leq 0.3$ である。aが0.3を超えると、軟磁気特性が劣化する場合がある。

#### (2) Cu

Cuは必須元素であり、その含有量xは0.1～3原子%の範囲である。0.1原子%よりも少ないとCuの添加による透磁率 $\mu$ の改善効果がほとんどなく、一方3原子%よりも多いと透磁率 $\mu$ が未添加のものより悪くなることがあり好ましくない。特に好ましいCuの含有量xは0.5～2原子%であり、この範囲で特に透磁率 $\mu$ が良好である。

【0024】Cu添加により結晶核が多数できることと結晶粒が成長しにくいために、結晶粒微細化が起こると考えられるが、この作用はNb、W、Ta、Zr、Hf、TiおよびMoの存在により特に著しくなると考えられる。

10

20

30

40

50

【0025】Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti および Mo が存在しない場合は、結晶粒はあまり微細化されず $\mu$ も低い。Nbおよび Mo は特に効果が大きい、これらのなかでNbは特に結晶粒を細かくし、高透磁率となる。

【0026】(3) SiおよびB

SiおよびB は合金を超急冷した際にアモルファス化するのに有効なものである。ナノ結晶を成長するには、一度アモルファス化した後で熱処理により微細結晶粒を形成することにより得られる。SiおよびB の含有量y およびz は、y が30原子% 以下、z が25原子% 以下、y+z が35 10 原子% 以下でないと、透磁率 $\mu$ が著しく低くなる。

【0027】(4) M' (Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti および Mo)

Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti および Mo からなる群から選ばれた少なくとも1種の元素M' は、Cuとの複合添加により析出する結晶粒を微細化する。M' の含有量u は0.1 ~30原子 %であり、0.1 原子 %未満だと結晶粒微細化の効果が不十分であり、30原子 %を超えると透磁率 $\mu$ の著しい低下を招く。好ましいM' の含有量u は2 ~8 原子 %である。なお、M' としてNbが最も好ましい。

(5) M'' (V, Cr, Mn, Al, 白金属元素、Sc, Y, 希土類元素、Au, Zn, Re)

これらの元素は耐食性を改善したり、磁気特性を改善する、また磁歪を調整する、等の効果を有する。その含有量は多くとも10原子 %である。含有量が10原子%を超えると著しく磁気特性を低下させる。特に好ましい含有量は8 原子 %以下である。これらの元素の中で、Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Cr, V は特に耐食性と耐摩耗性を改善する。

【0028】(6) X(C, Ge, P, Ga, Sb, In, Be, A 30 s)

これらの元素はアモルファス化に有効な元素であり、Si, B と共に添加することにより、アモルファス化を助けると共に、磁歪やキュリー温度を上げる効果がある。これらの元素のうち少なくとも1種を10原子% 以下含むことができる。このナノ結晶軟磁性体粉末は、以下のようにして製造することができる。すなわち、上で述べた組成の合金溶湯を超急冷してアモルファス合金粉末として、粉末を扁平状に微細化する。その上で、この粉末を結晶化温度よりも高い温度に加熱し、組織の少なくとも50%を50nm以下の平均結晶粒度とする熱処理を施す。

【0029】この超急冷法としては水アトマイズ法が適している。水アトマイズ法によりきわめて薄い薄片が得られると共に、その表面が乱れた不規則形状となっていて、十分に冷却され、形状的に粉碎しやすいものとなる。

【0030】このようにして、3 $\mu$ m以下の厚さをし、その平均粒径が20~50 $\mu$ mになった扁平状ナノ結晶軟磁性体粉末が得られる。この軟磁性体粉末を50~1 50

000phr含むように樹脂と混合して、本発明の電磁波吸収体を作製する。

【0031】

【実施例】(実施例1) 母合金を大気中で溶解した後、1500℃の溶湯を高圧の水アトマイズ法によりFe<sub>73.5</sub>Cu<sub>1</sub>Nb<sub>3</sub>Si<sub>13.5</sub>B<sub>9</sub> (原子%) の組成を有する平均粒径40 $\mu$ m、厚さ1 $\mu$ mのアモルファス合金粉末を作製し、このアモルファス合金粉末を窒素ガス雰囲気中550℃で1時間熱処理して、結晶粒径10nmの微細な組織を有するナノ結晶軟磁性体粉末を得た。

【0032】トルエンに飽和ポリエステル樹脂を溶解した後、このナノ結晶軟磁性体粉末を200phrとなるように添加し、また架橋剤(イソシアネート化合物)を配合し、カレンダーロールで成膜し、150℃で30分間加熱してウレタン化して、電磁波吸収体(シート)を得た。

【0033】この電磁波吸収シートの複素透磁率をヒューレットパッカード製ネットワークアナライザーで測定したところ、図1に示すような複素透磁率の実数部 $\mu'$ 、虚数部 $\mu''$ の値であった。

【0034】図1から明らかなように、複素透磁率の実数部 $\mu'$ は、1MHzから1GHzまでほぼ10を超えている。また、その虚数部 $\mu''$ は立ち上がりが急峻で、10MHzでは2を超えていて、30MHzから100MHzにかけて、ほぼ5であり、そこから徐々に上がっていった1GHzでは10を超えている。すなわち、10MHzから数GHzまで電波吸収特性が優れていることがわかる。

【0035】(実施例2) 実施例1で得たナノ結晶軟磁性体粉末を用いて、その軟磁性体粉末の添加量を50~500phrと変えて、電磁波吸収体(シート)を作製した。この電磁波吸収シートの複素透磁率の虚数部 $\mu''$ を周波数をパラメータとして図2に示すように、10MHzではいずれも1.5以上となっており、また30MHzから1GHzの周波数では4以上であった。

【0036】この例に示すように、ナノ結晶軟磁性体粉末の添加量が多くなると、虚数部 $\mu''$ が大きくなって優れた電波吸収特性を示す。

【0037】

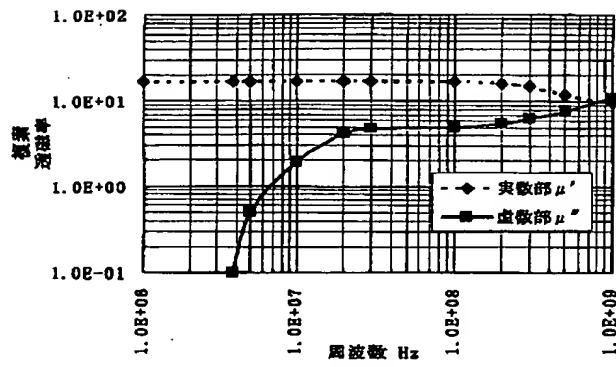
【発明の効果】本発明の電磁波吸収体は、低周波数から高周波数までの広い周波数帯域、特に30MHz以下の低周波で電波吸収特性に優れており、広い周波数帯域の不要電磁波ノイズに対する電磁波障害の低減にとって極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電磁波吸収体の複素透磁率の値を、周波数に対して示すグラフである。

【図2】本発明の電磁波吸収体の中のナノ結晶軟磁性体粉末の含有量を変えた場合の複素透磁率の虚数部の値を周波数をパラメータとして示す図である。

【図 1】



【図 2】

